

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>
УДК УДК 631.526.32-048.24: 631.234

А.В. Солдатенко*, В.Ф. Пивоваров,
О.Н. Пышная, Л.К. Гуркина, М.М. Тареева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки: alex-soldat@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Тареева М.М. Оранжереи в космосе: от замысла до воплощения. *Овощи России*. 2023;(2):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>

Поступила в редакцию: 21.03.2023

Принята к печати: 27.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Alexey V. Soldatenko*, Victor F. Pivovarov,
Olga N. Pyshnaya, Lyubov K. Gurkina,
Marina M. Tareeva

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

*Corresponding author: alex-soldat@mail.ru

Conflict of interest: The author declare that they have no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

For citations: Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Tareeva M.M. Greenhouses in space: from intention to implementation. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>

Received: 21.03.2023

Accepted for publication: 27.03.2023

Published: 03.04.2023

Оранжереи в космосе: от замысла до воплощения



Резюме

12 апреля отмечается День космонавтики, Международный день полёта человека в космос. Это памятная дата, посвященная полету первого космонавта планеты Юрия Алексеевича Гагарина, ставшего символом осуществленной мечты землян. ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (ныне ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»), как и ряд других академических институтов, с начала освоения космоса включились в работу по решению проблемы разработки питания для космонавтов и продолжают исследования по сей день. В воплощении идей К.Э. Циолковского и С.П. Королева по созданию космических оранжерей получен ряд значимых достижений в Федеральном научном центре овощеводства, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Институте биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, ГНЦ РФ ИМБП РАН и других. Созданы, испытаны и рекомендованы для условий невесомости сорта овощных культур: редиса, капусты китайской, укропа, салата и других быстросозревающих растений. Сорт капусты китайской Веснянка успешно прошел биотехнические испытания на наземном макете космической конвейерной оранжереи «Фитоцикл-СД», в ходе которых были получены хорошие продукционные и биохимические показатели. Российские ученые проводят исследования по разработке технологии культивирования различных овощных растений в условиях космического полета – в закрытых экосистемах (синерготронах), которые могут служить основой систем жизнеобеспечения во время космических полетов, на космических станциях или в космических местах обитания, где тестируются некоторые условия, характерные для МКС. Были проведены исследования по изучению растений томата, выращенных из семян, длительное время находившихся в условиях космического полета. В результате изучения обнаружено статистически значимое увеличение уровней аскорбиновой кислоты, полифенолов и каротиноидов, общей антиоксидантной активности плодов томата по сравнению с растениями, выращенными из контрольных семян (наземный контроль).

Ключевые слова: овощные культуры, сорта, космические технологии, синерготрон, селекция.

Greenhouses in space: from intention to implementation

Abstract

April 12 is Cosmonautics Day, International Day of Human Space Flight. This is a memorable date dedicated to the flight of the first cosmonaut of the planet, Yuri Alekseevich Gagarin, who became a symbol of the earthlings' dream come true. The All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)), like a number of other academic institutions, from the beginning of space exploration, got involved in the work to solve the problem of developing food for astronauts and continues research to this day. In the embodiment of the ideas of K.E. Tsiolkovsky and S.P. Korolev on the creation of space greenhouses received a number of significant achievements in the Federal Scientific Vegetable Center, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Institute of Biochemical Physics N.M. Emanuel, SSC RF IBMP RAS and others. Varieties of vegetable crops have been created, tested and recommended for weightlessness conditions: radish, Chinese cabbage, dill, lettuce and other rapidly maturing plants. The variety of Chinese Vesnyanka cabbage has successfully passed biotechnical tests on the ground model of the Phytocycle-SD space conveyor greenhouse, during which good production and biochemical parameters were obtained. Russian scientists are conducting research on developing a technology for cultivating various vegetable plants under space flight conditions – in closed ecosystems (synergotrons), which can serve as the basis of life support systems during space flights, at space stations or in space habitats, where some conditions specific for ISS. Studies have been carried out to study tomato plants grown from seeds that have been under space flight conditions for a long time. As a result of the study, a statistically significant increase in the levels of ascorbic acid, polyphenols and carotenoids, the total antioxidant activity of tomato fruits compared to plants grown from control seeds (ground control) was found.

Keywords: vegetable crops, varieties, space technology, synergotron, selection.

12 апреля отмечается День космонавтики, Международный день полёта человека в космос. Это памятная дата, посвященная полету первого космонавта планеты Юрия Алексеевича Гагарина, ставшего символом осуществленной мечты землян.

Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур (ныне ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»), как и ряд других академических институтов, с начала освоения космоса включились в работу по решению проблемы разработки питания для космонавтов и продолжают исследования по сей день.



Работники Грибовской станции радуются успехам страны в освоении космоса, 1961 год

С самого начала эры освоения космоса ученые задумывались над вопросами: как создать условия для выращивания растений на космическом корабле, как микрогравитация влияет на семена, какие овощные культуры были бы безвредными, если их выращивать на загрязненном тяжелыми металлами грунте на Марсе. Так, уже в конце XIX века К.Э. Циолковский предполагал выращивание растений в длительных космических полетах [1]. «Космические огороды» полезны не только с точки зрения питания, но и благотворны для морально-психологического состояния космонавтов. Известно, что садоводство помогает снизить проявления депрессии и уровень тревожности, а также улучшает субъективное ощущение благополучия. В 1962 году главный конструктор ОКБ-1 Сергей Королёв поставил задачу: «Надо бы начать разработку «Оранжереи (ОР) по Циолковскому», с наращиваемыми постепенно звеньями или блоками, и надо начинать работать над «космическими урожаями» [2].

Первая программа в этом аспекте была направлена на разработку продуктов питания для космонавтов, которую возглавил Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ ИМБП РАН) в 1963 году. Для решения этой задачи была создана достаточно большая кооперация, включающая более 20 научных и производственных организаций. В основе требований к продуктам питания лежали следующие принципы: рационы питания должны быть адекватны энерготратам космонавтов и полноценны по составу пищевых веществ, необходимых для обеспечения обменных процес-

сов в организме на оптимальном уровне; неусвояемые вещества должны содержаться в продуктах в незначительных количествах; пища должна оставаться доброкачественной на протяжении всего полета и др. Качество пищи должно быть безупречным и с точки зрения токсикологической и микробиологической безопасности. При этом одно из важных мест в пирамиде полноценного питания должны занимать свежие овощи и фрукты.

Расцвет индустрии орбитального питания пришёлся на начало 80-х годов XX века, космический ассортимент в тот период включал более 200 наименований. В ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК) ученые работали над созданием скороспелых сортов быстрорастущих овощных культур, у которых были бы пригодны «и верхки, и корешки». В результате этой работы был создан уникальный сорт редиса Моховский со съедобными салатными листьями [3].



Редис Моховский

Редис Моховский образует белые, округлые, плотные, отличного вкуса корнеплоды, массой до 70 г, без привкуса горечи, которые хранятся при $t +2...-5^{\circ}\text{C}$ в течение двух месяцев, не снижая своих вкусовых качеств; содержат 4,5-6,0% сухого вещества, 22-45 мг% аскорбиновой кислоты, 2,5-3,9% сахаров; слабо чувствительны к накоплению нитратов (270-500 мг/кг). Листья гладкие, глянцевые, без опушения, содержат более 100 мг% аскорбиновой кислоты при низком содержании нитратов (319-530 мг/кг). Сорт был создан индивидуально-семейственным отбором из гибридной комбинации Бисер x Перл. Этот сорт районирован в РФ и пользуется большим спросом у потребителей разных категорий.

Второе направление сотрудничества касалось разработки технологий возделывания овощных культур в условиях невесомости. Для этих целей растения укропа, салата, шпината, гороха овощного выращивали в моделируемых условиях вегетационных камер. В результате исследований было показано, что укроп, выращиваемый по разработанной технологии, в течение длительного времени (до полугода) находился в фазе хозяйственной годности, не теряя своих биохимических и вкусовых достоинств.



Дважды герой Советского Союза космонавт Елисеев Алексей Станиславович в составе делегации Центра подготовки космонавтов во ВНИИССОК, 1981 год

Космонавты, руководители Центра Подготовки Космонавтов имени Ю.А. Гагарина из Звездного городка бывали частыми гостями института. Сотрудники института также посещали Звездный городок и присутствовали на сеансах связи с орбитальной станцией.

Сегодня Госкорпорация «Роскосмос» продолжает работу над научно-технической программой по созданию космического продовольствия нового поколения. Сейчас на МКС космонавты питаются, в основном, консервированными продуктами. Свежие овощи и фрукты в рацион включаются редко, тогда как необходимость в них очень большая. В условиях длительных космических полетов возникнет необходимость выращивания овощей, для пополнения ассортимента рациона, на борту космического корабля, это позволит сократить запас пищи, который необходимо брать в космос, об этом упоминал ещё в своих трудах К.Э. Циолковский.

Выращиванием различных растений российские космонавты занимались ещё на станции «Мир», затем и на борту МКС в орбитальной лаборатории в миниатюрном сельхоз-модуле. Кроме того, проведена большая совместная работа ФГБНУ ФНЦО и ИМБП РАН по раз-

работке технологии культивирования различных овощных растений, в том числе капусты китайской сорта Веснянка (*Brassica chinensis* L.) в условиях космического полета.

Сорт Веснянка создан в лаборатории селекции капустных культур ВНИИССОК, относится к сорто типу Пе-тсай и рекомендован для обогащения рациона космонавтов, поскольку он обладает хорошими вкусовыми качествами и высоким содержанием аскорбиновой кислоты (до 110 мг%) при благоприятных условиях выращивания и, кроме того, является ультраскороспелым, первый сбор зелени можно проводить через 20-25 суток после всходов. Масса растения достигает 250 г, урожайность – 2,7 кг/м². Растение листовой формы, образует густооблиственную полуприподнятую розетку высотой до 35 см и диаметром до 45 см. Листья цельные, сидячие, широкообратнояцевидные, гладкие со слабоволнистыми краями, без опушения, зелёные. Центральная жилка широкая и сочная. Сорт устойчив к преждевременному стеблеванию, относительно устойчив к слизистому и сосудистому бактериозам и киле [4].



Делегация Центра подготовки космонавтов во ВНИИССОК, 1981 год



Капуста китайская Веснянка

Сорт успешно прошел биотехнические испытания на наземном макете космической конвейерной оранжереи «Фитоцикл-СД», в ходе которых были получены хорошие производственные и биохимические показатели. Установлено, что повышенный радиационный фон не оказал негативного влияния на продуктивность и содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений капусты китайской сорта Веснянка. Как на естественном, так и на повышенном радиационном фоне, содержание нитратов в листьях не превышало уровень ПДК, если для увлажнения корнеобитаемой зоны использовали дистиллированную воду, содержание дейтерия в которой незначительно отличается от стандарта. Результаты экспериментов продемонстрировали возможность значительного, более чем в 2 раза, увеличения продуктивности данной культуры при увлажнении корнеобитаемой зоны водой с содержанием дейтерия и тяжелого изотопа кислорода, уменьшенными в 7 и 10 раз, соответственно, по сравнению со стандартом. Однако уменьшение концентрации тяжелых изотопов в поливной воде привело к значительному увеличению содержания нитратов в растениях, что свидетельствует о нарушении баланса между процессами поглощения и восстановления нитратного азота растениями [5, 6].

В последующих сериях экспериментов с капустой китайской *Brassica chinensis* L. были исследованы продуктивность посевов и распределение сухого вещества и пула нитратов по органам и тканям растений при выращивании в гидропонной нециркуляционной проточной установке. Растения выращивали под белыми и красными светодиодами на питательных растворах с различными концентрациями азота (нитратный – от 40 до 150 мг/л; аммонийный – от 0 до 70 мг/л). В опытах установлена положительная корреляция между накоплением сухой массы растениями и концентрацией азота в питательном растворе в диапазоне от 40 до 120 мг/л. Показано, что при выбранном режиме освещения концентрация нитратного азота в растворе не должна превышать 70 мг/л. Частичное замещение нитратной формы азота аммонийной позволило уменьшить накопление нитратов в побегах без потери продуктивности [7].

Проведен ряд научных исследований в закрытых экосистемах – синерготронах, которые могут служить основой систем жизнеобеспечения во время космических полетов, на космических станциях или в космиче-

ских местах обитания, где тестируются некоторые условия, характерные для МКС [8].

В связи с тем, что твердый грунт для космической оранжереи имеет ряд недостатков (большая масса, опасность попадания частиц в вентиляционную систему и др.) возникает необходимость поиска оптимальных субстратов. При сравнительной оценке эффективности выращивания салата-латука листовой разновидности на различных субстратах в условиях системы фитотрона ИСП-0.1 преимущество показал многокомпонентный кокосовый субстрат, где урожайность увеличилась на 10% по сравнению с субстратом из минеральной ваты [9, 10].

Изучена возможность использования при гидропонном выращивании салата листового в фитотроне ИСП-0.1 питательного раствора с добавлением органических компонентов (гуминовые кислоты, микориза, препараты азотфиксирующих бактерий). Лучшие результаты показало введение в питательный раствор экстрактов гуминовых кислот. Получены данные о стимулирующем влиянии на рост растений комплекса органических компонентов при совместном применении (синергизм) [11].

Проведено изучение влияния освещения на прорастание семян брокколи (*Brassica oleracea* var. *italica Plenck*) и капусты китайской (*Brassica rapa* var. *chinensis*) и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСП 1.01. Выявлено существенное повышение антиоксидантной активности микрозелени при проращивании в темноте в сравнении с проращиванием на свету (у брокколи – в 5,5 раз, у капусты китайской – в 4,8 раза). Сравнение двух разновидностей капусты показало, что брокколи в замкнутой системе синерготрона формирует значительно большую надземную биомассу, чем капуста китайская (на 4-е сутки после посева – на 37%, на 18-е сутки – на 75,4% в темновом варианте) [11].

Изучение влияния микрогравитации на семена овощных культур на борту Международной космической станции проводится в ФГБНУ ФНЦО совместно с институтом медико-биологических проблем РАН с 2013 года. В работе изучены сорта: салата Московский парниковый, Букет, Синтез, Кавалер, Петрович, Пикник; укропа Кибрай, Кулинар, Грибовский; горчица салатная Сударушка; индау (руккола) – Русалочка. К настоящему времени получены потомства пятого поколения (P₅) укропа, выделенные из сортопопуляции Кибрай, характеризующиеся более продолжительными фазами развития растения в период вегетации, сильной облиственностью и большей продуктивностью семян; потомства четвертого поколения (P₄) салата, выделенные из сортопопуляции Московский парниковый, отличающиеся от родительской формы по ряду морфологических признаков. В потомстве из сортопопуляции Букет выделены растения с отрицательной изменчивостью и с преобладанием нежелательных признаков. Данный обширный материал включён в исследования 2023 года, поскольку за время работы установлена перспективность создания нового исходного материала для получения будущих сортов по зеленым и пряно-вкусовым культурам [13].



Мечта фотографа!
(фото Самокутьева А.М.)



Самая высокая в мире смотровая площадка
(фото Самокутьева А.М.)

Александр Михайлович Самокутьев – лётчик-космонавт, совершил два космических полёта в качестве командира космических кораблей «Союз ТМА-21» (2011 год) и «Союз ТМА-14М» (2014-2015 годы), Герой Российской Федерации, Депутат Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации



В.Ф. Пивоваров и А.М. Самокутьев, в тепличном комплексе ФНЦО, 2021 год



Герой Российской Федерации, 90-й космонавт России Юрий Михайлович Батурин, 13 декабря 2022 года в ФНЦ овощеводства

В рамках научно-технического сотрудничества с Институтом биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, (ИБХФ РАН) по теме: «Изучение изменений молекулярно-генетических и биохимических параметров растений, подвергшихся воздействию условий космического полета на Международной космической станции (МКС)» были проведены исследования по изучению растений томата, выращенных из семян, длительное время находившихся в условиях космического полета. В результате изучения обнаружено статистически значимое увеличение уровней аскорбиновой кислоты, полифенолов и каротиноидов, общей антиоксидантной активности плодов томата по сравнению с растениями, выращенными из контрольных семян (наземный контроль). Также выявлено уменьшение антиоксидантной активности в корнях растений, выращенных из экспонированных семян, увеличение продуктивности этих растений с одновременным снижением содержания сухого вещества, сахаров, органических кислот, Fe, Cu и вкусового индекса [14].

В настоящее время отобраны образцы ткани растений томата, семена которых длительное время экспонировались на МКС, и образцы ткани растений томата, выращенных из семян наземного контроля, для секвенирования методом NGS на приборе OxfordNanopore с

целью изучения транскриптома этих растений для выявления генетических изменений. Проводится дальнейшая работа с имеющимися образцами «космического» томата – селекционные отборы, биохимические и молекулярно-биологические исследования. Расширен эксперимент новыми перспективными для селекционного процесса сортами томата и перца, семена которых длительное время экспонировались на МКС и любезно переданы для исследования космонавтом А.Н. Шкаплеровым.

В канун Дня космонавтики коллектив Федерального научного центра овощеводства поздравляет всех с Днем первого полёта человека в космос! Этот памятный день продемонстрировал всему миру величие отечественной науки и героизм первооткрывателей. В настоящее время развитие космических исследований в России направлено на мирное освоение космоса и связано с многими отраслями науки, в том числе и сельскохозяйственной, достижения которой приведут к тому, что «..на Марсе будут яблони цвести!»

Об авторах:

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, академик РАН, главный н.с., автор для переписки, alexsoldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Виктор Федорович Пивоваров – доктор с.-х. наук, академик РАН, научный руководитель, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

Ольга Николаевна Пышная – доктор с.-х. наук, главный н.с., pishnaya_o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>

Любовь Кирилловна Гуркина – кандидат с.-х. наук, с.н.с., <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

Марина Михайловна Тареева – кандидат с.-х. наук, с.н.с., vegetables.of.russia@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

About the Authors:

Alexey V. Soldatenko – Doc. Sci. (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Sciences, Correspondence Author, alexsoldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Victor F. Pivovarov – Doc. Sci. (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

Olga N. Pysnaya – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, pishnaya_o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>

Lyubov K. Gurkina – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

Marina M. Tareeva – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, vegetables.of.russia@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

• Литература

1. Оранжерея на орбите - Новости - Госкорпорация «Роскосмос» (roscosmos.ru)
2. Тетради Королева. Корифеи науки. *Техника молодежи*. 1981;(4):30-31.
3. Пивоваров В.Ф., Примак А.П., Федорова М.И., Тареева М.М. Космические овощи ВНИИССОК. *Овощи России*. 2011;(2):59-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-59-64>. EDN OYBZGT.
4. Солдатенко А. В., Иванова М. И., Бондарева Л. Л., Тареева М. М. Капустные зеленые овощи. М.: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства", 2022. 296 с. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI.
5. Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Ерохин А.Н. Космические оранжереи: настоящее и будущее. М., Фирма «Слово». 2005. 368 с.
6. Старцев В.И., Бондарева Л.Л., Сняк Ю.Е., Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Гуськова Е.И. Продуктивность и качество капусты китайской в условиях, имитирующих радиационное воздействие при полете к Марсу. *Овощи России*. 2009;(3):33-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-3-33-36>. EDN OYDOQD.
7. Знаменский А.И., Яковлева О.С., Смолянина С.О., Беркович Ю.А., Тараканов И.Г. Продукционный процесс и азотное питание растений капусты китайской *Brassica chinensis* L. при выращивании под светодиодным облучателем. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(2):129-135. DOI 10.34677/0021-342X-2019-2-129-135. EDN RKDFDE.
8. Зеленков В.Н., Верник П.А. Создание замкнутых агробиотехносистем на базе цифровых технологий – новые возможности научного познания культур клеток и высших растений. *Актуальная биотехнология*. 2018;3(26):50–55. EDN ZASEKT.
9. Зеленков В.Н., Попов А.И., Иванова М.И., Латушкин В.В., Новиков В.Б., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б. Сравнительная оценка минеральной ваты и кокосового субстрата при выращивании салата листового в гидропонной культуре в условиях системы фитотрона ИСР-0.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С.107-115. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-105-113. EDN KFYGOI.
10. Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Иванова М.И., Новиков В.Б., Поверина Н.В. Оценка различных почвозаменителей для выращивания салата листового и горчицы салатной в закрытой системе синерготрона ИСР-1.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С.116-124. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-114-122. EDN YDVUNN.
11. Латушкин В.В., Попов А.И., Зеленков В.Н., Иванова М.И., Новиков В.Б., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б. Испытания различных составов питательного раствора для капельного полива салата листового в системе фитотрона ИСР-0.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С. 125-143. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-123-141. EDN DTHLET.
12. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Иванова М.И., Лапин А.А., Разин О.А., Гаврилов С.В., Верник П.А. Влияние освещения на прорастивание семян капусты китайской и брокколи и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСР 1.01. *Овощи России*. 2019;(6):146-150. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>. EDN MZXTBX.
13. Отчет ФГБНУ ФНЦО 2014-2022 годы.
14. Dzhos E., Golubkina N., Antoshkina M., Kondratyeva I., Koshevarov A., Shkaplerov A., Zavarykina T., Nechitailo G., Caruso G. Effect of Spaceflight on Tomato Seed Quality and Biochemical Characteristics of Mature Plants. *Horticulturae*. 2021;7(5):89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050089>

• References

1. Greenhouse in orbit - News - ROSCOSMOS State Corporation (roscosmos.ru) (In Russ.)
2. Notebooks Queen. Leading figures of science. *Tekhnika molodezhi*. 1981;(4):30-31. (In Russ.)
3. Pivovarov V., Primak A., Fedorova M., Tareeva M. VNISSOK'S vegetables for the space exploration. *Vegetable crops of Russia*. 2011;(2):59-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-59-64>. EDN OYBZGT.
4. Soldatenko A.V., Ivanova M.I., Bondareva L.L., Tareeva M.M. Cabbage green vegetables. M., 2022. 296 p. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI. (In Russ.)
5. Berkovich Yu.A., Krivobok N.M., Smolyanina S.O., Erokhin A.N. Space greenhouses: present and future. M., "Slovo". 2005. 368 p. (In Russ.)
6. Startsev V., Bondareva L., Siniyak U., Berkovich U., Krivobok N., Smolyanina S., Guskova E. Yielding ability and quality characteristics of Chinese cabbage in condition of imitation of radiation influence during the space mission to Mars. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(3):33-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-3-33-36>. EDN OYDOQD.
7. Znamenskiy A.I., Yakovleva O.S., Smolyanina S.O., Berkovich Yu.A., Tarakanov I.G. Plant production processes and nitrogen metabolism of chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.) when grown under led illumination. *izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(2):129-135. (In Russ.) DOI 10.34677/0021-342X-2019-2-129-135. EDN RKDFDE.
8. Zelenkov V.N., Vernik P.A. Creation of closed agrobiotechnosystems based on digital technologies - new opportunities for scientific knowledge of cell cultures and higher plants. *Actual biotechnology*. 2018;3(26):50–55. EDN ZASEKT. (In Russ.)
9. Zelenkov V.N., Popov A.I., Ivanova M.I., Latushkin V.V., Novikov V.B., Eliseeva L.G., Leonova I.B. Comparative evaluation of mineral wool and coconut substrates for cultivating green lettuce in hydroponic culture under conditions of a phytotron system ISR-0. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C.107-115. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-105-113. EDN KFYGOI. (In Russ.)
10. Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Ivanova M., Novikov V.B., Poverina N.V. Evaluating different soil substitutes for cultivating green lettuce and brown mustard in a closed sinergotron system ISR-1.1. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C.116-124. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-114-122. EDN YDVUNN. (In Russ.)
11. Latushkin V.V., Popov A.I., Zelenkov V.N., Ivanova M.I., Novikov V.B., Eliseeva L.G., Leonov I.B.. Testing different compositions of nutrient solution for drip irrigation of green lettuce in a phytotron system ISR-0.1. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C. 125-143. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-123-141. EDN DTHLET. (In Russ.)
12. Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Ivanova M.I., Lapin A.A., Razin O.A., Gavrilo S.V., Vernik P.A. The influence of lighting on the seeds germination of chinese cabbage and broccoli and antioxidant activity of microgreens in the closed system of the synergotron ISR 1.01. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):146-150. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>. EDN MZXTBX.
13. Report of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC), 2014-2022. (In Russ.)
14. Dzhos E., Golubkina N., Antoshkina M., Kondratyeva I., Koshevarov A., Shkaplerov A., Zavarykina T., Nechitailo G., Caruso G. Effect of Spaceflight on Tomato Seed Quality and Biochemical Characteristics of Mature Plants. *Horticulturae*. 2021;7(5):89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050089>